

## STN Karlsruhe

L3 ANSWER 1 OF 1 WPIDS COPYRIGHT 2005 THE THOMSON CORP on STN  
ACCESSION NUMBER: 1988-288704 [41] WPIDS  
DOC. NO. CPI: C1988-128115  
TITLE: Single crystal prepn. - involves applying vertically  
moving magnetic field to raw material melt.  
DERWENT CLASS: J04 L03  
PATENT ASSIGNEE(S): (TOKE) TOSHIBA KK  
COUNTRY COUNT: 1  
PATENT INFORMATION:

PATENT NO	KIND	DATE	WEEK	LA	PG	MAIN	IPC
JP 63210092	A	19880831	(198841)*		5		<--

## APPLICATION DETAILS:

PATENT NO	KIND	APPLICATION	DATE
JP 63210092	A	JP 1987-41343	19870226

PRIORITY APPLN. INFO: JP 1987-41343 19870226

INT. PATENT CLASSIF.: C30B015-00

## BASIC ABSTRACT:

JP 63210092 A UPAB: 19930923

A moving magnetic field in the vertical direction is applied to the raw material melt in a crucible for the withdrawal of a single crystal, to effect agitation.

The up-and-down movement of the magnet drives the melt by the principle of a linear motor. By selecting the shape of the magnet, its disposition and the AC frequency, the depth of agitation can be controlled. The agitation is controlled by adjusting the magnetic-flux density.

ADVANTAGE - The agitation caused by the up-and-down movement of the magnetic field ensures uniformity of compsn., and temp.. The resultant single crystal is flawless and of uniform quality. The induced agitation gives good reproducibility and controllability.

0/4

FILE SEGMENT: CPI  
FIELD AVAILABILITY: AB  
MANUAL CODES: CPI: J04-A04; L04-C01

**this Page Blank (uspto)**

## ⑫ 公開特許公報(A) 昭63-210092

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>  
C 30 B 15/00識別記号 庁内整理番号  
Z-8518-4G

⑬ 公開 昭和63年(1988)8月31日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 単結晶製造法

⑯ 特 願 昭62-41343

⑰ 出 願 昭62(1987)2月26日

⑱ 発 明 者 山 崎 秀 樹 東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所  
内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 則 近 憲 佑 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

単結晶製造法

## 2. 特許請求の範囲

単結晶引上用のルツボ内の単結晶原料融液に上下方向の移動磁界を加え攪拌することとを特徴とする単結晶製造法。

## 3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明はシリコン、GaAs等の半導体の単結晶製造法に関する。

(従来の技術)

IC、LSI、パワー半導体の基となるシリコン(Si)、ガリウムヒ素(GaAs)等の半導体単結晶は、現在主にチョクラルスキー法により製造されている。

チョクラルスキー法による単結晶引上において問題となるのは原料融液中の熱対流による結晶欠陥の発生、あるいは不純物の混入及びその濃度の

不均一さ等である。

この問題を解決する為の1つの手段として、例えば、特公昭58-50953号にあるごとく静磁界を加え熱対流を抑制する方法がある事は良く知られている。

即ち、例えばSiでは石英(SiO<sub>2</sub>)製のルツボが単結晶の原料融液と共に高温に加熱されており、ルツボ材料のSiO<sub>2</sub>中の酸素が原料融液中に溶解する。ルツボ及び単結晶の原料融液はルツボの外側面よりヒータで加熱されている為、原料融液にはルツボ壁に沿って壁を洗う様に熱対流が生じ、ルツボ壁よりの酸素の溶解を促進する事になる。

これに対し静磁界を加えると、磁界に直交する方向の運動(ここでは対流)を制動する力が働き、熱対流は抑制される。それに伴いルツボ壁より酸素の溶解量も減少する事になる。

(発明が解決しようとする問題点)

パワー半導体素子用等、高い比抵抗を要求されるSiウエハーについては低酸素濃度のウエハーとせねばならず静磁界を印加して行う単結晶の製造

法の効果は大きい。

静磁界を印加するSi単結晶の製造法は低酸濃度の単結晶を得るには優れた方法であるが、熱対流が抑えられる事により、ルツボ壁近傍（即ち、ウェハーの周辺部）の酸濃度が中心部に比べ高くなると言う、ウェハー面内の不均一性を呈する。

LSI、超LSIデバイス用のウェハーとしては、その歩留まり上ウェハー面内の酸濃度分布の不均一性が強く要求されるものである。又特に低酸濃度の要求よりは所定の濃度が均一に保たれている単結晶が要求される。

GaAs単結晶についても、酸濃度の点についてはSiとは異なるが結晶の格子欠陥の無い均一質な単結晶が要求される事はSiと同様である。

本発明は前記のデバイスより来るニーズに対応した格子欠陥の無い、又均一な組成の単結晶を得る事を目的とし、ルツボ内の単結晶原料融液に上下方向の移動磁界を加え、上下方向の攪拌を行う事により、組成分布を均一にすると同時に温度分布も均一となり、安定した引上げが行える単結晶

の安定した流れになるまでに数分程度の長い時間が、かかるという問題がある。

Si、GaAsの熔融状態での動粘性係数はそれぞれ、 $0.4 \times 10^{-6}$ 、 $0.3 \times 10^{-6}$  に対し水は  $1 \times 10^{-6}$ （単位はいずれも  $\text{m}^2/\text{s}$ ）であり、水より粘性が小さく即ちサラサラしているものである為単結晶を回転させ攪拌しようとしても全体が攪拌されにくい。また、融液の組成が均一になる様に充分に攪拌される為には回転方向の流れのみでは不十分であり、径方向及び上下方向の攪拌も、併せ必要である。実際には、第4図の解析結果が示すごとく、融液上部を単結晶にて回転させ攪拌する事により、回転流に遠心力が働き、周方向へ押し広げられる事になる。径方向の流れはルツボ壁に当り、下方に向い、中央部で上へ向う流れのパスを生ずる。

第4(a)図は流線、即ち流れのパスを表わしており、第4(b)図は各部での流れの強さも表現するように、矢印の方向と大きさとで流線を表わしている。矢印の大きさが流れの強さと一致する。この例では、単結晶4は10rpmで回転させ、ルツボ

製造法を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

（問題点を解決するための手段及び作用）

格子欠陥の無いGaAs単結晶、あるいはウェハー面内の均一な酸濃度を有するSi単結晶を作るには、煎じ詰めると、単結晶原料融液自体が均一質である事、及び固液界面での温度が安定している事の2つになる（温度が不安定だと、一旦成長した単結晶の一部が再溶解し欠陥のもととなる）。従来行なわれている、静磁界印加の効果として、加熱溶解された原料が煮えたぎった状態となり、液面が熱揺動しており、磁界により熱揺動を抑える事により液面、即ち固液界面の温度が安定する事が図られる。又引き上げている単結晶を回転させる事により融液を回転方向に攪拌し、融液の組成の均一化が計られているが充分ではない。

回転による攪拌のみでは充分でない理由として、流体解析の結果解った事だが、融液は粘性が小さいのに対し、見かけ上の慣性が大きい事から、攪拌しても、なかなか流れが広がらず、又平衡状態

は逆方向に2rpmで回転させている。また、ルツボ内径は340mm、融液高さは175mm、単結晶の径は150mmとしている。

回転方向の攪拌により径及び上下方向の流れを生じさせる影響係数として融液の動粘性係数、ルツボの大きさ、形状、融液の深さ、単結晶の径、単結晶の回転速度、熱対流の大きさ、その他多くのものがあり、最適条件を選び出す事はかなり難しい。又回転方向の攪拌により径及び上下方向の安定した流れになるまでには10分オーダー以上の時間がかかり、その間条件が変る事もあり、再現性が保つ事は非常に難しい。

（実施例）

以下、本発明の一実施例を図面を参照しながら説明する。

本発明は第1図にその構成を示す通り、充分な攪拌の為には径及び上下方向の確実な攪拌を必要とする事に注目し、ルツボ1の外部に上下方向の移動磁界を発生する交流マグネット2を置き上下方向の移動磁界5により、リニアモータの原理に

てルツボ 1 の内部の単結晶原料融液 3 を上下方向に攪拌するものである。上下方向の攪拌は径方向の流れも誘発し第 1 図に示すとき攪拌流 6 を生じる。この攪拌により融液の組成は均一になり又温度も均一となる。Si, GaAs は導電性を有しており、例えば Si の場合 1420℃ の熔融状態での電気伝導度は  $1.3 \times 10^4 \text{ s/cm}$  程度である。

導電体に移動磁界を加えると、導体に電圧が誘起され 2 次電流が流れ、これと磁界とで移動磁界方向の力が発生する。

融液に加わる力  $F$  は次式で与えられる。

$$F = k_z B_z^2 \tau f \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

但し  $k_z$  : 定数

$B_z$  : 力を発生する位置での磁界密度

$\tau$  : 交流マグネットの極ピッチ

$f$  : 印加電圧周波数

また、鉄心表面より  $Z$  離れた所での磁界密度は、

$$B_z = B_0 (1 - \beta) \exp(-\alpha \frac{\pi}{\tau} \cdot Z) \quad \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$B_0$  : マグネット表面での磁束密度

$\beta$  : 融液中での磁束の減衰係数

に比例して減衰する。

又②より 2 次電流による減衰は周波数  $f$  に比例する。

以上、マグネットの形状（これにより  $\tau$  が決る）及び配置（これにより  $Z$  が決る）と周波数  $f$  により減衰が決る為、周波数を変える事により攪拌深さを選ぶ事ができる。

又周波数  $f$  が決まれば磁束密度を変える事により攪拌力を調節できる。従ってマグネットに加える、周波数及び電流を電気的に設定する事により、所要の攪拌力が確実に得られ、常に最適な攪拌力が得られる様に調節できる。電磁力により直接融液を攪拌する為に応答も良く、単結晶回転による回転方向の攪拌と併せ確実に攪拌が制御でき、再現性も確実に期待できると共に融液の減少等の変化に合せた攪拌制御も容易となる。

移動磁界を発生させる交流マグネットは多相交流電源により励磁されるものでありそのいくつかの例を第 2 図に載げる。

第 2 (a) 図は 2 極 3 相のリングコイル形マグネ

$\alpha$  : 空間減衰係数

$Z$  : マグネット表面からの距離

ここで減衰係数  $\beta$  は移動磁界により融液に誘起され流れる 2 次電流損失により生じるものであり、

$$\beta = k_1 \sigma \cdot \tau \cdot f (1 + k_2 \frac{d}{\tau}) \quad \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

但し  $k_1, k_2$  : 係数

$\sigma$  : 融液の導電率

$d$  : 融液の厚さ

前記③式はフレミングの左手の法則と右手の法則より容易に導き出される式であり、攪拌力  $F$  は磁束密度  $B$  の 2 乗と電圧周波数に比例する事が解る。

又②、③式は理論式の一部を実験式で補正したものであり、③式の物理的意味としては、磁束密度は、融液中に 2 次電流が誘起される事による減衰  $(1 - \beta)$  と物理的距離による減衰項  $\exp$  の 2 つの要因により減衰する事である（第 1 図参照）。即ち距離による減衰は、極ピッチ（マグネットの高さに比例するものである）はマグネットにより決るものであり一定とすると、距離の exponential

の断面図を示す。U 相 + 側コイル、V 相 + 側コイル、W 相 + 側コイル及び U 相 - 側コイル、V 相 - 側コイル、W 相 - 側コイルの 6 組のコイルより構成されており、図に示す結線となっている。図に示す様に 3 相電源を接続すると、U、V、W の + 側が正極（N 極）、U、V、W の - 側が負極（S 極）となり、交流電源の相の回転に従って両端が上から下へ移動する移動磁界を発生する。又 U 相と W 相を入れ換えれば相回転は逆になり移動磁界の方向、即ち攪拌方向も下から上へと逆になる。

リング状コイルとする事はコイルがルツボを囲う様に配されルツボの全周に亘り均一な上下方向の攪拌力を与えられる。

第 2 図 (b) 図は 2 極 2 相の例を示す。電源が 90° の位相差を持つ 2 相電源で駆動するものであり、第 2 (a) 図の 2 極 3 相と同様に上下方向の移動磁界を生ずる。

2 極 2 相のほうが 2 極 3 相に比べコイルの数が少ない為、高さが小さくでき、機械的な寸法制約

がある場合に有利となる。

第2(c)図は単極3相の場合の例を示す。この場合には前記2例の2種タイプとは異なり単極である為、移動磁界とはならず交番磁界となる。交番磁界を加えた場合には、単相の誘導電動機の回転する原理と同様に、静止している物を始動する力はゼロであるが、一旦どちらかへ動き出せばその方向に動かし続ける力を発生する。

従って単極3相の場合には攪拌方向を任意に選択する事はできないが、コンパクトかつ簡単な構造で済むと言うメリットがある。

以上3例についてはルツボ全周を囲う横リング状コイルにて構成されているマグネットの例を示したが、全周に亘らずその1部にのみ上下方向の攪拌をしても、それなりの効果は得られる。

またルツボの底部あるいは上面を半径方向に攪拌する様なマグネットを配しても同様な効果が得られる。

どんなマグネットをどのように配するかは引上機の機械構造とも絡み、どうするのが最適かは一

概には言えぬが、概略次により決める。

まず機械条件上、マグネットを配する所を、ルツボの周囲にするか、底部又は上部にするか、さらにルツボの周囲に配する場合にはチャンバーの内部に置けるか、外部にしか置けないかを定める。

先に述べた様にマグネットの寸法、特に高さはマグネットのタイプにより異なり、高さの制約が厳しければ単極-3相あるいは2相-2相を選ぶ。また先の②式に示すごとく、距離による磁束密度の減衰は極ピッチ(極間の寸法であり、マグネットの高さから比例する)が大きい程減衰は小さいのでルツボとマグネットの距離が大きくなる場合にはマグネットの高さを大きく取る必要がある。

単極-3相のマグネットの代りにルツボを囲う様に配されているヒータを第3図のごとく3分割し各相1ターンコイルとし、ヒータと共用する事もできる。但しこの場合には原料の溶融に必要な所定の発熱を必要とする為、必要な攪拌力の調整は①式に従って周波数を変える事によって行う。

(発明の効果)

以上述べたごとくCZ法におけるSi、あるいはGaAsの単結晶の製造においてルツボの外部より上下方向の移動磁界を加え上下方向に攪拌する事により単結晶融液は全体が確実に攪拌される。

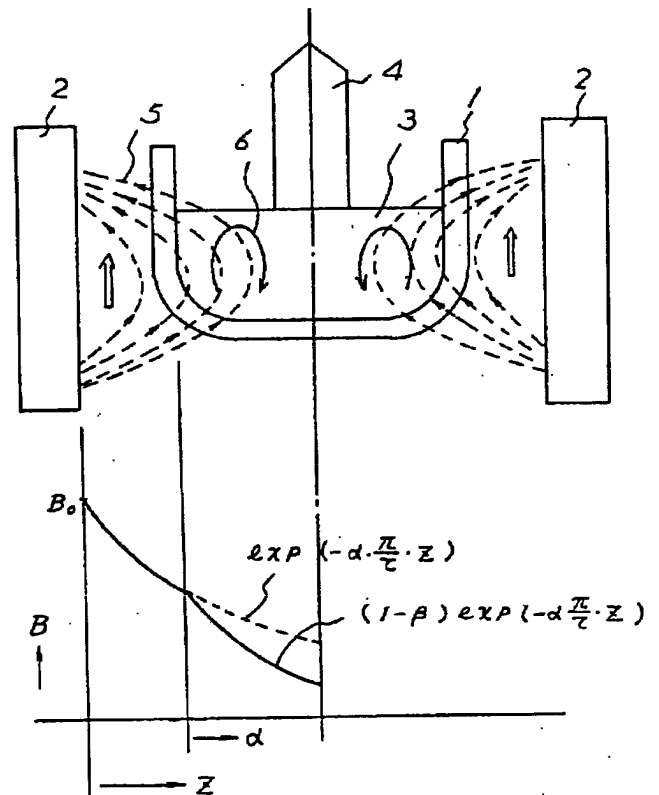
融液全体を良く攪拌する事により組成が均一になると共に温度も均一となり、欠陥の無い均質な単結晶を得る事ができる。

攪拌は電磁力により融液を直接攪拌する為確実であり又再現性、制御性に優れているものである。

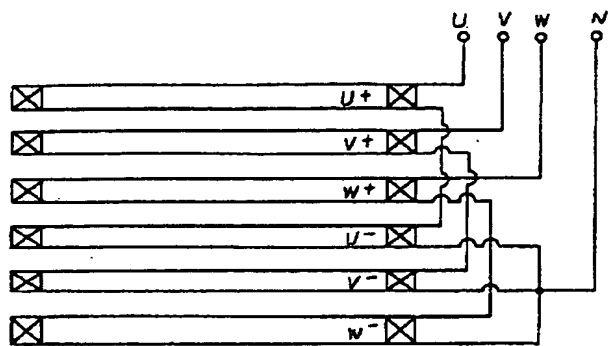
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の概略を示す図、第2(a),(b),(c)図は交流マグネット2のコイルの構成図、第3図はヒータを3分割しコイルと共用する場合の例を示す図、第4図は断面形状であって融液を単結晶を回転させて攪拌した時の流体解析の例を示す図である。

- 1…ルツボ
- 2…移動磁界発生交流マグネット
- 3…原料融液
- 4…単結晶

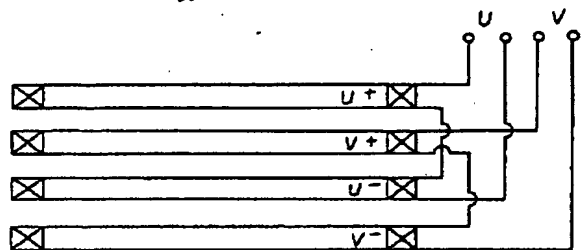


第1図



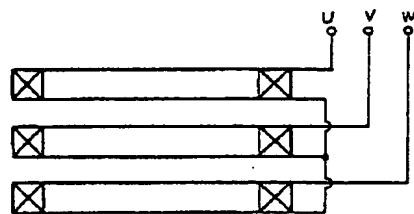
(a)

第 2 図



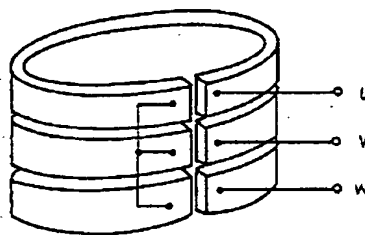
(b)

第 2 図

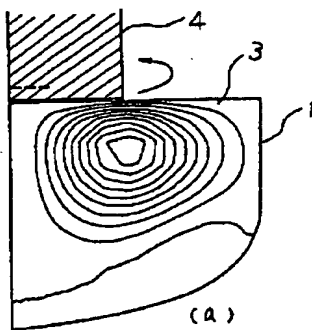


(c)

第 2 図

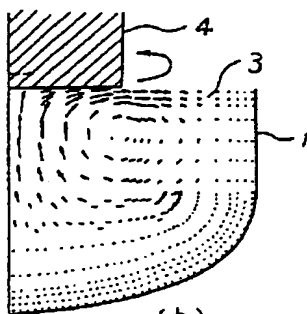


第 3 図



(a)

第 4 図



(b)

第 4 図

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**